

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. April 2002 (04.04.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/26644 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: C03B 23/11,
21/02

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/08833

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Juli 2001 (31.07.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 47 850.6 27. September 2000 (27.09.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von AU, CO, EC, GB, IE, IL, IN, JP, KE, KP, KR, NZ, SG,
TZ, UG, US, ZA): SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hatten-
bergstrasse 10, 55122 Mainz (DE).

(71) Anmelder (nur für AU, BB, BF, BJ, BZ, CF, CG, CI, CM,
GA, GB, GD, GE, GH, GM, GN, GQ, GW, IE, IL, IN, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, MG, ML, MN, MR, MW,
MZ, NE, NZ, SD, SG, SL, SN, SZ, TD, TG, TT, TZ, UG,
VN, ZA, ZW): CARL-ZEISS-STIFTUNG TRADING AS
SCHOTT GLAS [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, 55122
Mainz (DE).

(71) Anmelder (nur für BB, BF, BJ, BZ, CF, CG, CI, CM, GA,
GD, GE, GH, GM, GN, GQ, GW, JP, KE, KG, KZ, LC,
LK, LR, LS, MG, ML, MN, MR, MW, MZ, NE, SD, SL,
SN, SZ, TD, TG, TT, TZ, UG, VN, ZW): CARL-ZEISS-
STIFTUNG [DE/DE]; 89518 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FISCHER, Erich
[DE/DE]; Konrad-Adenauer-Strasse 16, 95666 Mitterteich
(DE). HUMMER, Alexander [DE/DE]; Egerstrasse

34, 95659 Arzberg (DE). TRINKS, Volker [DE/DE];
Wiesauer Strasse 23, 95666 Mitterteich (DE). FEHR,
Rupert [DE/DE]; Hauptstrasse 3, 95666 Mitterteich (DE).
WOLFRUM, Alfons [DE/DE]; Stifflandring 93, 95643
Tirschenreuth (DE). REINDL, Markus [DE/DE]; Am
Eiskeller 9, 95666 Mitterteich (DE). HAAS, Gottfried
[DE/DE]; Dr. Hauer-Weg 7, 95643 Tirschenreuth (DE).
WITZMANN, Andre [DE/DE]; Wolfsreuther Strasse
18, 95679 Waldershof (DE). TRINKS, Ulla [DE/DE];
Wiesauer Strasse 23, 95666 Mitterteich (DE). KRÄMER,
Hubertus [DE/DE]; Parkstrasse 11, 95666 Mitterteich
(DE). RUSTLER, Klaus [DE/DE]; Franz-Böhm-Gasse 8,
95643 Tirschenreuth (DE).

(74) Anwalt: DR. WEITZEL & PARTNER; Friedenstrasse
10, 89522 Heidenheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ,
LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,
MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,
SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU,
ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),
OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CUTTING GLASS TUBES

WO 02/26644 A1

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ABLÄNGEN VON GLASROHREN

(57) Abstract: The invention relates to a method for cutting glass tubes, characterised by the following steps: a glass strand is drawn; a heating device is driven synchronously with the glass strand and is directed towards the region of a desired separation point; the glass strand is drawn in the region of the desired separation point; a separation device is driven synchronously with the glass strand; the separation device is actuated in such a way that it severs the glass strand at the desired separation point.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ablängen von Glasrohren. Die Erfindung ist gekennzeichnet durch die folgenden Verfahrensschritte: es wird ein Glasstrang gezogen; es wird eine Heizeinrichtung zusammen mit dem Glasstrang verfahren und dabei auf den Bereich einer Soll-Trennstelle gerichtet; der Glasstrang wird im Bereich der Soll-Trennstelle gestreckt; es wird eine Trenneinrichtung zusammen mit dem Glasstrang verfahren; die Trenneinrichtung wird derart betätigt, dass sie den Glasstrang an der Soll-Trennstelle durchtrennt.

WO 02/26644 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren und Vorrichtung zum Ablängen von Glasrohren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von Rohr-Abschnitten aus fortlaufenden Glassträngen.

5

Es ist bekannt, Glasstränge in einem kontinuierlichen Zieh- oder Wiederziehprozeß herzustellen, und in einzelne Abschnitte durch ein Brechen zu zerlegen. Das dabei gewonnene Glasrohr dient für allgemein-technische oder pharmazeutische Zwecke. Eine wichtige Anforderung an

10 derartige Glasrohre ist die Splitterfreiheit.

Es sind zahlreiche Veröffentlichungen bekannt geworden, die Vorschläge zum Abtrennen von Glasrohren von einem Glasstrang oder Rohrzug vorsehen. Eine solche Vorrichtung ist in DE 1 264 363 beschrieben. Die

15 Vorrichtung ist jedoch sehr aufwendig und nicht flexibel.

Es ist bekannt, Glasrohre im kontinuierlichen Rohrzug durch Absprengen mittels Thermoschock abzutrennen. Dabei wird ein Abscheider, zum Beispiel ein gekühltes Metallteil, einer Ziehmaschine nachgeschaltet. Der

20 Abscheider fährt über die noch warme Glasrohr-Oberfläche und erzeugt hierbei einen Anriß. Das Rohr wird durch Aufbringen eines Biegemomentes abgebrochen. Die Rohrenden sind dabei mehr oder minder mit Splintern behaftet, die die Weiterverarbeitung stören.

Ein splitterfreies Abtrennen der Glasrohre läßt sich durch die sogenannte wärmeweiche Trennung durchführen. Im einzelnen werden die folgenden Verfahrensschritte angewandt:

25

- a) Erhitzen des Glasrohres bis zum Erreichen der
- 30 Verarbeitungstemperatur (ca. 1000° C);

- b) anschließendes Verformen mit Formwerkzeugen oder durch Einblasen von Gasen;
- c) Abziehen des erhitzten Bereiches.

5 Auch ist es bekannt, dem Abziehen einen Trennvorgang nachzuschalten.

DE 4 036 629 und US 3 188 191 beschreiben jeweils einen Ringbrenner. Gemäß US 3 188 191 dient der Ringbrenner zum Erhitzen eines schmalen Bereiches des Glasrohres sowie der Feuerpolitur der Enden des Glasrohres
10 nach dem Ausziehen. Das Verfahren ist diskontinuierlich. Es kann angewandt werden zum Trennen von Rohren mit großem Durchmesser.

SU 966 048 beschreibt das Trennen von Glasrohren mittels eines Ringbrenners. Hierbei entstehen nach dem Abziehen geschlossene
15 Rohrenden. Weitere einschlägige Druckschriften sind US 5 280 130, US 4 146 380, US 4 913 719, US 4 273 993, US 5 240 066.

Die Verformung des erhitzten Bereiches erfolgt in vielen Fällen mit Formwerkzeugen, um eine definierte Gestalt (Mündungen,
20 Halsansatzbereiche, Schultern, Profile und so weiter) zu erzeugen. Oft wird die Verformung durch Einblasen von Gasen (Lampenproduktion) unterstützt und mit Beschichtungen oder Preßvorgängen kombiniert.

In den meisten Fällen dient das Abziehen des erhitzten Bereiches dazu,
25 eine bestimmte Form der Abschnitte zu erreichen, ohne daß die Abschnitte direkt wärmeweich getrennt werden. Meist schließt sich ein anderer Trennprozeß an. Gemäß US 4 885 945 werden zur Herstellung von Mikropipetten Glasrohrbereiche erhitzt und anschließend bis zu einer Spitze ausgezogen. Gemäß US 4 675 043 wird für die Produktion von
30 Tintenstrahldruckern ein Verfahren beschrieben, um Rohrabschnitte nur durch definiertes Heizen und Ausziehen die geforderten Dimensionen zu

verleihen. Es ist auch bekannt, die Heizquelle beim Ausziehen nachzuführen, so daß die heißeste Zone immer mittig im erhitzten Bereich liegt. Siehe US 4 818 266 und US 4 828 599.

- 5 Erfolgt nach dem Abziehen eine Trennung, so gibt es je nach
Produktanforderung verschiedene Möglichkeiten der Endenausbildung.
Zum einen erfolgt die Trennung nicht wärmeweich, zum anderen können
bei der wärmeweichen Trennung offene oder geschlossene Enden
entstehen. Bekannt sind die Verfahren zur Ampullen-,
10 Fläschchenherstellung, bei der jeweils ein Boden und ein offenes Ende
entstehen (zum Beispiel DE 1 961 2265).

- 15 In US 2 215 980 ist beschrieben, wie Glasartikel (Blaskappen) abgetrennt
werden, indem das Glasrohr an der Trennstelle mit bewegten Brennern bis
Verarbeitungstemperatur erhitzt und anschließend abgezogen wird. Danach
entzieht man dem Brenner Sauerstoff. Luft wird in das Glasrohr
eingeblassen, so daß die ausgezogene Zone gekühlt wird. Am Rand der
ausgezogenen Zone wird wieder erhitzt (Trennbrenner - mehr
Sauerstoffzufuhr) bis zur Trennung. Der Brenner wird noch zum Vorwärmen
20 des Randes genutzt. Eine Blaskappenabtrennung nach einem ähnlichen
Verfahren, jedoch mit Laserheizung ist in US 4 682 003 beschrieben. US 3
597 182 beschreibt eine Bodenformung bei nicht kreisförmigem Querschnitt
durch wärmeweiches Trennen.

- 25 Gemäß US 4 146 380 wird ein Laser zum Erhitzen eines schon
ausgezogenen Bereiches verwendet, der bis zur Trennung wirkt; ein
defokussierter Laserstrahl wird zum Vorwärmen genutzt.

- 30 DE 3 744 369 beschreibt eine Brenneranordnung und -mittführung, bei der
das Rohr bis Verarbeitungstemperatur lokal erhitzt wird, Rollen ziehen
diesen Bereich nach unten ab. Das Rohr wird dabei um seine Längachse

- gedreht. Als Ergebnis erhält man verschmolzene Rohrböden. Zusätzlich zu den Gas-/Luft-, oder Sauerstoffbrennern wird elektrische Energie mittels Elektroden (auf Vor- und Rückseite des Rohres entsteht ein Lichtbogen, so daß das Rohr über dem Umfang gleichmäßig erhitzt ist) zugeführt. Vor
- 5 Verschließen des Rohres wird ein Loch mittels Lochbrenner in das Rohr gebrannt. Trennwerkzeuge wie Messer und Scheren werden vorzugsweise nur zum Trennen (Scherschneiden) von aus der Glasschmelze kommenden hochviskosen Glassträngen oder Tropfen eingesetzt (DE 1 962 282).
- 10 Gemäß GB 1 264 363 wird die Herstellung von geschlossenen Glasröhren für die pharmazeutische Industrie durch wärmeweiches Trennen nach der Ziehmaschine beschrieben. Dabei wird ein Bereich des Rohres durch eine Anzahl mechanisch synchron mitgeführter Brenner erhitzt, abgetrennt und
- 15 mit einer Geschwindigkeit, die größer als die der Ziehmaschine ist, abgeführt.
- Alle diese bekannten Vorrichtungen beziehungsweise Verfahren zum Ablängen von Glasrohren von einem fortlaufenden Rohrstrang sind nicht befriedigend. Sie sind entweder ungeeignet, splitterfreie Enden
- 20 herzustellen, oder sind aufwendig, oder nicht flexibel, oder nicht für den Dauereinsatz geeignet.
- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, womit sich Glasrohre von einem laufenden
- 25 Glasstrang abtrennen lassen, ohne daß hierbei Splitter entstehen, die anschließend durch einen Waschprozeß entfernt werden müssen. Außerdem sollen ein solches Verfahren beziehungsweise eine solche Vorrichtung einfach im Aufbau, kostengünstig in der Herstellung und im Betrieb, einfach in der Handhabung und flexibel sein.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der selbständigen Ansprüche gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt die folgenden Verfahrensschritte:

5

- 1.1 es wird ein Glasstrang in Richtung seiner Längsachse gezogen;
- 1.2 es wird eine Heizeinrichtung zusammen mit dem Glasstrang parallel zu diesem verfahren, wobei die Soll-Trennstelle erwärmt wird;
- 1.3 der Glasstrang wird im Bereich der Soll-Trennstelle gestreckt;
- 10 1.4 es wird eine Trenneinrichtung zusammen mit dem Glasstrang - somit parallel zu diesem - verfahren;
- 1.5 die Trenneinrichtung wird betätigt, so daß sie den Glasstrang an der Soll-Trennstelle durchtrennt, womit ein Rohrabschnitt oder Glasrohr anfällt.

15

In der Praxis wird man im allgemeinen mehrere Ringbrenner als Heizeinrichtung einsetzen. Es kann aber auch nur ein einziger Ringbrenner verwendet werden. Ringbrenner und Trenneinheit werden synchron mit dem Glasstrang bewegt.

20

Damit lassen sich im automatischen 24 h-Betrieb splitterfreie Rohrabschnitte herstellen.

Einzelheiten einer praktischen Ausführungsform

25

Werden Ringbrenner verwendet, so wird deren Innendurchmesser sowie deren Heizzonenbreite dem Außendurchmesser des Glasrohres, der Wanddicke und dem Trennprozeß angepaßt. Es können mehrere Brennertypen über das gesamte Rohrspektrum verteilt vorgesehen werden.

30

Die Ringbrenner sind zweckmäßigerweise derart gestaltet, daß sie bei einem Produktwechsel leicht und schnell ausgetauscht werden können. Dabei wird der einzelne Ringbrenner zweckmäßigerweise nach Art einer Zange gestaltet, deren beide Teile den Rohrstrang umfassen, und die
5 weggeschwenkt werden können, um den Rohrstrang in die Anlage einzufädeln. Die Brenner und die Einstellung der Heizleistung werden durch eine Steuereinrichtung gesteuert.

Bei schmalen Heizzonen kommen Laser als Heizeinrichtung in Betracht,
10 insbesondere CO₂-Laser mit einer ringförmigen Heizzone.

Am Ende der Wirkungsstrecke einer jeden Heizeinrichtung ist ein Infrarotsensor angeordnet, der die Temperaturverteilung in axialer Richtung mißt. Hieraus können Temperatursignale bezüglich Amplitude, Breite und
15 zeitlichem Abstand der Heizzonen erzeugt werden. Die Meßergebnisse werden ausgenutzt zur Leistungsregelung und zur Geschwindigkeitssynchronisation der Heizeinrichtungen. Die Sensorsignale dienen gleichzeitig als Kontrollsignale für den störungsfreien Betrieb der Anlage.

20 Das Trennen kann auf mechanische Weise vorgenommen werden, beispielsweise mittels einer Trennschere. Dabei können die beiden Scherenmesser gegeneinander verspannt sein. Die Geometrie der Schneiden ist auf die Rohr-Geometrie und die Bewegungsbahn der Messer
25 abgestimmt. Der gesamte Bewegungsablauf wird über eine Servosteuerung gesteuert. Die Schneidkraft kann über Federn begrenzt werden, um die Messer bei großer Glaszähigkeit zu schützen. Die Messer können bei Bedarf auch temperiert werden, und zwar durch Heizen oder Kühlen. Zum Herstellen offener Rohre kann das Schneidverfahren derart gestaltet
30 werden, daß das Rohr nicht vollständig verschlossen wird.

Es ist auch möglich, die Trennung durch Energiezufuhr zu bewirken, insbesondere durch einen Brenner oder einen Laser. Durch Wahl der Heizzonbreite und der Art des Trennverfahrens ist es möglich, geschlossene, einseitig offene oder beidseitig offene Rohre herzustellen.

5

Es kann zweckmäßig sein, einen weiteren Laser vorzusehen, der beispielsweise einen CO₂-Laserstrahl erzeugt, und der beim Trennen ein Loch z. B. in die wärmeweiche Trennzone einbringt. Der Laserstrahl wird durch eine synchron mit dem Glasstrang bewegte Optik auf die gewünschte Position geführt.

10

Lineareinheiten

- 15 * Die synchrone Bewegung der Brenner und der Trenneinheit wird über Lineareinheiten, die mit Servomotoren über entsprechende Controller angetrieben werden (Prinzip "fliegende Säge"), realisiert.
- * Über ein elektronisches Getriebe erfolgt die Feineinstellung auf die Rohrzuggeschwindigkeit, die von einem Encoder aufgenommen wird. Die Geschwindigkeitssynchronisation ist besser als 10^{-3} .
- 20 * Die Startzeitpunkte der Achsen werden aus dem Ausgangssignal des elektronischen Getriebes in einer Zählerschaltung realisiert, die variable Rohrlängen zuläßt.
- * Die maximale, synchrone Mitfahrstrecke einer Achse ist, abhängig von der Rohrzuggeschwindigkeit und Abschnittlänge, zwischen ca. 25 0,50 und 1,20 m.

Rohrführung

- 30 * Die Rohrauflage besteht aus zylindrischen und V-Rollen (Material vorzugsweise Kohle), deren Umfangsgeschwindigkeit der Rohrgeschwindigkeit angepaßt ist, beziehungsweise deren

- 5 Geschwindigkeit um ca. 5 - 10 % gegenüber der
Rohrzuggeschwindigkeit überhöht ist, um ein Austragen der Rohre,
ohne daß sich die noch heißen Enden berühren, zu ermöglichen.
Zusätzliche V-Rollen oberhalb des Rohres sorgen für die Zentrierung
des Rohrs im Zentrum der Brenner. Die komplementären
10 Rollenpaare gewähren dem Rohr ein Spiel senkrecht zur Rohrachse
von maximal 1,5 mm. Die Anpassung der Rohrführung an die
unterschiedlichen Außendurchmesser erfolgt vollautomatisch nach
den Außendurchmesserwerten der übergeordneten SPS.
- 15 *
- 20 *
- 25 *
- Über Rohrführungseinrichtungen, die temporär in den Rohrzug
eingebracht werden, wird ein automatisches Einfädeln des Rohrs in
die Anlage realisiert.
- 1 - 2 zusätzliche, zylindrische Rollen (Oberflächenmaterial mit hohem
Haftreibungskoeffizienten zum Glas, zum Beispiel Silicon, Viton), die
von oben über Gewichts- beziehungsweise Federkraft auf dem Rohr
aufliegen, dienen der zusätzlichen Beschleunigung des zu
trennenden Rohrs im Bereich der Trenneinheit und danach.
- Abhängig vom Trennverfahren ist die Umfangsgeschwindigkeit
dieser Rollen ca. 3 - 15 % höher als die Rohrzuggeschwindigkeit.
Wegen der Temperaturempfindlichkeit des Materials werden diese
Rollen zum Beispiel über pneumatische Zylinder im Bereich der
Heizstellen vom Rohr abgehoben. Alternative Einrichtungen sind
denkbar, zum Beispiel Zangen, Greifer, Ketten.

Steuerung

- 30 *
- Wechsel zwischen den Betriebszuständen (Rohr im Scherbenbrecher
für Service/Wartung und bei Störungen, konventionelles Trennen,
wärmeweiches Trennen)

- * Vorgabe Brennereinstellung, Parametrierung Linearachsen, Einstellung der Rohrführung, Kontrolle der Anlage.
- 5 * Vor der Trennanlage befindet sich ein Scherbenbrecher, der die Trennanlage bei stark schwankendem Außendurchmesser (nach dem Aufziehen, bei Störungen) und bei Wartungsarbeiten vom einlaufenden Rohr freihält.
- 10 * Sensoren im Verlauf der Rohrführung dienen der Kontrolle des Rohrverlaufes in der Anlage, bei Störungen wird der Scherbenbrecher aktiviert.

Blasluftheregelung

- 15 Es müssen geeignete Regelkreise zur Einstellung der Rohrgeometrie im Ziehprozeß vorhanden sein, die in der Lage sind, die Rohrgeometrie bei offenem Rohrende (konventionelles Trennen) und geschlossenem Rohrende (wärmeweiches Trennen) sowie beim Wechsel entsprechend auszuregulieren (zum Beispiel Konstantdruckregelung).
- 20 Die Erfindung ist anhand eines Blockschaltbildes erläutert. Hieraus erkennt man den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum splitterfreien Ablängen von Glasrohren im Rohrzug.
- 25 Die erfindungsgemäße Anlage befindet sich im Rohrzug hinter der Ziehmaschine, die für den kontinuierlichen Abzug des Rohres eingesetzt wird.
- 30 Am Eingang der Anlage befindet sich ein Scherbenbrecher. Er dient dazu, das Rohr, welches außer der Toleranz der Rohrführungseinrichtungen in der Anlage liegt, vor der Anlage gebrochen wird, um Beschädigungen der

Anlage durch zum Beispiel zu große Außendurchmesser zu vermeiden. Zusätzlich dient er zum Freihalten der Anlage für Service und Wartungszwecke oder im Störfall. Der Scherbenbrecher ist gekoppelt mit einem kommerziellen Außendurchmessermeßgerät, das kontinuierlich
5 die erforderlichen Außendurchmesserwerte liefert. Die Kontrolle des Außendurchmessers und Ansteuerung des Scherbenbrechers erfolgt durch die SPS und durch die zusätzlichen Sicherheitsschaltungen.

Die Heizeinheiten sind als Ringbrenner ausgeführt, die eine über den
10 Umfang homogene Erhitzung der Trennstelle ermöglichen. Das Rohr wird mittels geeigneter Rohrführungseinrichtungen konzentrisch zum Ringbrenner geführt. Die Zentrierung gewährleistet eine über den Rohrumfang gleichmäßige Erhitzung, die sowohl für die Schnittqualität als auch zur Erzielung einer langen Messerstandzeit notwendig ist.
15 Vorzugsweise werden Gas-Sauerstoff-Brenner eingesetzt, wobei je nach Geometrie außen- oder innenmischende Brenner verwendet werden können. Zur Erzielung möglichst hoher Aufheizraten beziehungsweise Endtemperaturen sind auch Wasserstoffbrenner einsetzbar. Prinzipiell sind alle Brennertypen beziehungsweise auch alternative Heizverfahren
20 anwendbar, die eine über den Umfang homogene Erhitzung der Trennstelle bei entsprechender Aufheizrate gewährleisten. Zu den alternativen Heizverfahren zählen zum Beispiel Laserheizung, HF- oder Mikrowellenheizung, elektrisch unterstützte Brennerheizung und so weiter. Das zeitliche Profil der Aufheizung wird über die Brennerheizleistung und
25 die Mitfahrstrecken der Brenner gesteuert.

Die Bewegung der Heizeinheiten synchron zur Rohrtranslation erfolgt durch Lineareinheiten, auf denen die Heizeinheiten montiert sind. Die Ansteuerung der Controller der Lineareinheiten und die Synchronisation der
30 hintereinander angeordneten Heizeinheiten auf die Trennstelle wird durch die übergeordnete SPS realisiert (Prinzip "Fliegende Säge"). Entsprechend

- der erzielten Heizleistung und der verfügbaren Heizzeit pro Heizeinheit werden ein oder mehrere identische Heizeinheiten hintereinander angeordnet, um die für die nachfolgende Trennung erforderliche Temperatur von ca. 1000° C zu erreichen. Um einen störungsfreien
- 5 Übergang zwischen konventionellem Trennen und dem wärmeweichen Trennen zu ermöglichen, erfolgt der Start beziehungsweise das Abschalten der einzelnen Brenner und der Abschneidevorrichtungen in einer Art Staffellauf synchron mit der Bewegung der Heizstelle.
- 10 Hinter jeder Heizeinheit befindet sich ein Infrarotdetektor, der die zeitliche Position und das axiale Temperaturprofil der Heizzone aufnimmt. Nach Auswertung der Signale, vorzugsweise mit einem Signalprozessor, werden Informationen zur Positions- und Geschwindigkeitskorrektur der
- 15 Heizeinheiten abgeleitet. Die Geschwindigkeit wird durch die Korrektur einer Leitfrequenz, die zum Beispiel von der Ziehmaschine gewonnen wird, fein abgestimmt. Die Feinabstimmung ist notwendig, da die Leitfrequenz üblicherweise die Rohrzuggeschwindigkeit nur mit einer Genauigkeit im Prozentbereich abbildet. Der Geschwindigkeitsfehler ist durch Abnutzung der Ziehvorrichtung oder zum Beispiel wechselndem Schlupf bei
- 20 Temperaturänderungen zeitabhängig. Direkte, kontinuierliche Messungen der aktuellen Rohrzuggeschwindigkeit wären extrem kostenaufwendig.
- Nachdem die Trennzone die erforderliche Temperatur erreicht hat, wird das abzutrennende Rohrstück gegenüber der Rohrzuggeschwindigkeit um bis
- 25 zu 10 % beschleunigt, damit wird eine Verjüngung des Rohrs und eine Reduktion der Wanddicke im Bereich der Trennstelle erzielt mit den Vorteilen:
- * verbesserte Rohrendenqualität,
 - 30 * Reduktion der Belastung des Messers beim nachfolgenden Trennvorgang,

- * Ermöglichung einer hohen Trenngeschwindigkeit (Zustellzeit des Messer < ca. 100 ms), und
- * Verkürzung der Zeit für das Einbringen eines Belüftungsloches in der wärmeweichen Zone.

5

Die Beschleunigung des zu trennenden Rohrstückes erfolgt durch eine zusätzliche Andruckrolle, die über einen geeigneten Mechanismus im Bereich der heißen Rohrenden vom Rohr abgehoben wird, um die Degeneration des Rollenbelages im Kontakt mit den noch ca. 1000° C heißen Rohrenden zu vermeiden.

10

Zusätzlich wird mit der beschleunigten Bewegung die Separation der getrennten Rohrenden gesichert.

15

Die Trennung des Rohrs im Bereich der erhitzten, plastisch verformbaren Zone erfolgt in einem Schneidprozeß mit einer Messerkonstruktion, bei der die Messerbewegung über einen Servomotor in einem optimierten Weg-Zeit-Profil realisiert ist. Die Schneidmesser sind über einen Federmechanismus an den Antrieb gekoppelt. Diese elastische Kopplung ermöglicht zum einen eine kontinuierliche, qualitative Messung der Glasviskosität im Bereich der Trennstelle über die aktuelle Schnittgeschwindigkeit. Diese Werte werden in der SPS zur Kontrolle und Optimierung des Aufheizvorganges verwendet. Andererseits wird die Gefahr der Beschädigung der Messer bei Funktionsstörungen der Anlage reduziert.

20

25

30

Um die Ausbildung eines Unterdruckes im Rohr bei der Abkühlung (während des Trennvorganges beträgt die Einlauftemperatur des Rohrs in die Anlage ca. 100 bis 400° C) und die damit verbundenen Probleme bei der Weiterverarbeitung der abgetrennten Rohrstücke zu vermeiden, wird im heißen Zustand ein Belüftungsloch eingebracht. Vorteilhafterweise erfolgt

dieses synchron (nur örtlich versetzt) zum Trennvorgang, da dann die Linearachse des Trennwerkzeugs auch zur Mitführung des Lochbrennwerkzeugs genutzt werden kann. In der erfindungsgemäßen Anlage erfolgt dieses Einbringen des Belüftungsloches durch einen fokussierten CO₂-Laserstrahl, wobei auf der Linearachse nur ein Umlenkspiegel und eine motorisch verstellbare Fokussieroptik mitgeführt werden. Die Laserparameter sind so eingestellt, daß die Locheinbringung, entsprechend der zur Verfügung stehenden synchronen Mitfahrzeit, in < 500 ms erfolgt.

Zusätzliche Sensorik dient der Kontrolle der erfolgreichen Einbringung des Belüftungsloches. Diese Kontrolle ist essentiell, denn bei fehlendem Belüftungsloch kann im allgemeinen die splitterfreie Weiterverarbeitung des Rohres nicht garantiert werden. Ursachen für fehlende Entlüftungslöcher können Störungen im Prozeß oder Glasfehler sein. Die Kontrolle des Belüftungsloches erfolgt vorteilhaft beim Einbringen desselben durch die Detektion der Erhitzung der dem Loch gegenüberliegenden Seite des Rohres durch den CO₂-Laserstrahl. Aufgrund der geringen Absorptionslänge des Laserstrahls erfolgt eine Erhitzung der gegenüberliegenden Rohrseite erst nach dem Durchbrennen des Lochs. Der Nachweis der Erhitzung der gegenüberliegenden Rohrseite geschieht zum Beispiel durch einen Photodetektor im sichtbaren oder IR-Bereich, dessen Sichtfeld durch eine Apertur auf die gegenüberliegende Rohrseite beschränkt ist, um Reflex- oder Streulichtanteile von der Lochseite zu unterdrücken. Alternativ ist der Einsatz von CMOS- oder CCD-Kameras mit nachfolgender Bildauswertung möglich. Außerdem ist zum Beispiel die Auswertung der Leuchterscheinung (Plasma) beim Lochdurchbrennen oder der Veränderung der Reflexion des CO₂-Laserstrahls zum Nachweis der Lochbildung möglich. Aufgrund der unruhigen Rohrlage sind diese Methoden jedoch wenig empfindlich. Ein Vorteil der direkten Beobachtung ist die Möglichkeit des Abschaltens der Laserstrahlung direkt nach dem

Lochdurchbrennen. Auf diese Weise wird die Bildung von Verdampfungsprodukten und eine mögliche Kondensation im Rohr reduziert.

- 5 Auch im weiteren Prozeß ist die Detektion des Belüftungsloches zum Beispiel mit optischen Methoden im sichtbaren und den angrenzenden Spektralbereichen möglich. Neben der direkten Detektion des Loches läßt sich auch die Veränderung der Rohrendenform auswerten, die durch die Unterdruckbildung und das damit verbundene "Einziehen" der nach der
- 10 Trennung noch niedrigviskosen Rohrenden bei nicht vorhandenem Belüftungsloch verursacht wird.

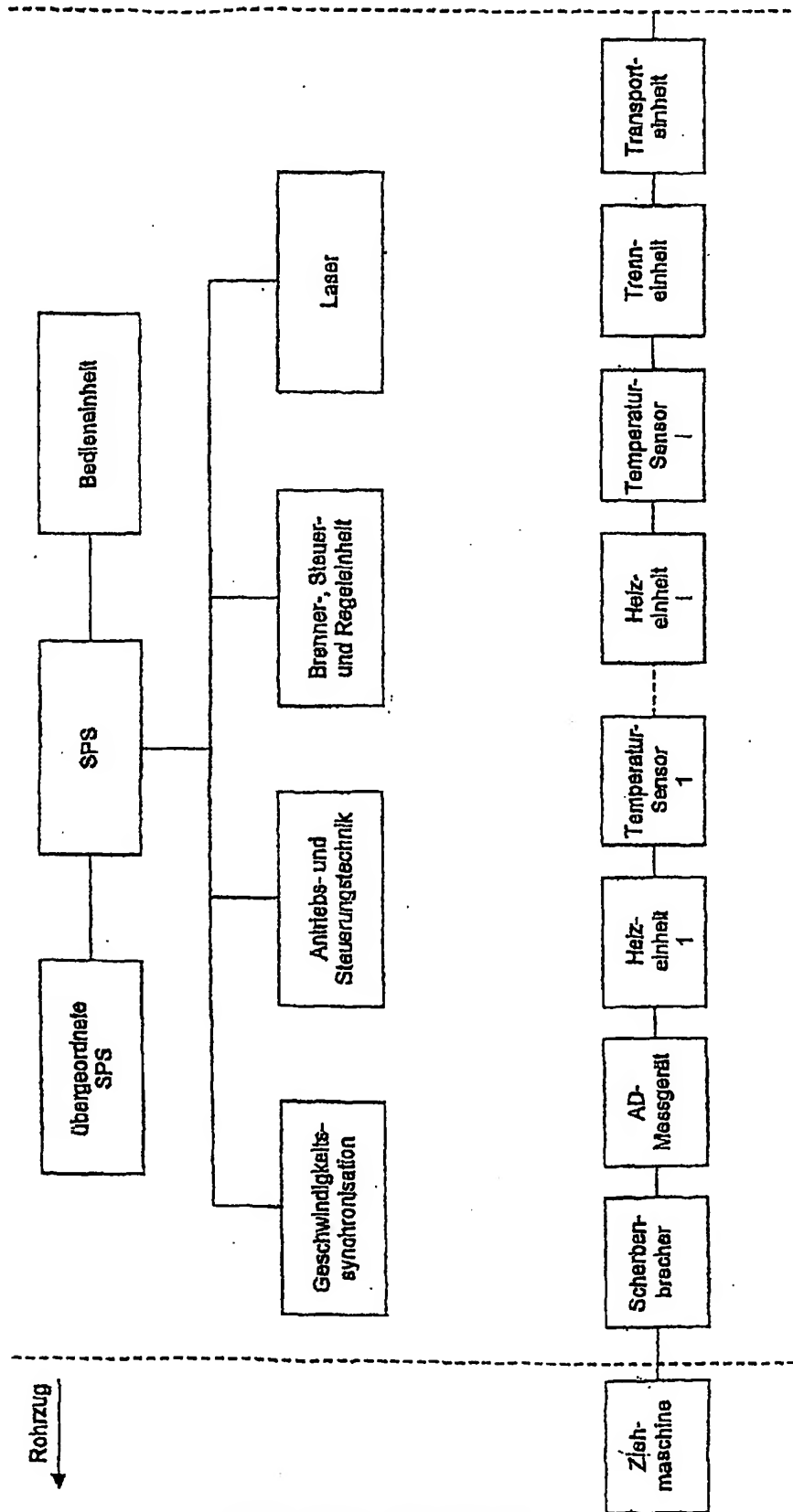
Die Rohre ohne Belüftungsloch werden mit einer üblicherweise vorhandenen Sortiervorrichtung aussortiert.

- 15 Der Abtransport der Rohre zur Weiterverarbeitung erfolgt durch aktiv angetriebene Stützrollen mit einer Geschwindigkeit, die ca. 10 % höher als die Rohrzuggeschwindigkeit ist, um einen Kontakt der Rohrenden zu vermeiden. Die Weiterverarbeitung der Rohre erfolgt unter geeigneten
- 20 Umgebungsluftbedingungen (zum Beispiel Reinraum, laminar flow Box, ...), um eine spätere Verunreinigung bei der Belüftung der Rohre zu verhindern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ablängen von Glasrohren mit den folgenden Verfahrensschritten:
 - 5 1.1 es wird ein Glasstrang gezogen;
 - 1.2 es wird eine Heizeinrichtung zusammen mit dem Glasstrang verfahren und dabei auf den Bereich einer Soll-Trennstelle gerichtet;
 - 1.3 der Glasstrang wird im Bereich der Soll-Trennstelle gestreckt;
 - 1.4 es wird eine Trenneinrichtung zusammen mit dem Glasstrang
10 verfahren;
 - 1.5 die Trenneinrichtung wird derart betätigt, daß sie den Glasstrang an der Soll-Trennstelle durchtrennt;
 - 1.6 in den wärmeweichen Trennbereich des Glasstranges wird ein Loch eingebrannt.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Einbrennen des Loches ein Laserstrahl verwendet wird.
3. Vorrichtung zum Ablängen von Glasrohren, umfassend:
 - 20 3.1 eine Fördereinrichtung zum Fördern und Führen des Glasstranges;
 - 3.2 eine Heizeinrichtung, die zusammen mit dem Glasstrang verfahrbar und dabei auf den Bereich einer Soll-Trennstelle richtbar ist;
 - 3.3 eine Einrichtung zum Strecken des Glasstranges auf seinem Förderweg;
 - 25 3.4 eine zusammen mit dem Glasstrang verfahrbare Trenneinrichtung;
 - 3.5 einen Aktuator zum Betätigen der Trenneinrichtung bei Erreichen der notwendigen Verarbeitungstemperatur;
 - 3.6 es ist eine Lasereinrichtung zum Einbrennen eines Loches in den
30 wärmeweichen Bereich des Glasstranges vorgesehen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Nachweis der Lochausbildung vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung wenigstens einen Ringbrenner umfaßt.



Figur 1: Schematischer Aufbau einer Vorrichtung zum splitterfreien Ablängen von Glasrohren im Rohrzug.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/08833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 C03B23/11 C03B21/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 37 44 369 A (SCHOTT GLASWERKE) 13 July 1989 (1989-07-13) cited in the application abstract	1,3
A	DD 202 523 A (SCHOTT RUHRGLAS GMBH) 21 September 1983 (1983-09-21) abstract	1,3
A	EP 0 111 710 A (SCHOTT-RUHRGLAS GMBH) 27 June 1984 (1984-06-27) abstract	1,3
A	US 4 111 677 A (ANDREWS J D) 5 September 1978 (1978-09-05) abstract	1,3
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2002

Date of mailing of the international search report

29/01/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stroud, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 01/08833

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 14 79 608 A (ROTA PATENT AG) 8 May 1969 (1969-05-08) figures 1-4	1,3
A	DE 33 41 313 A (SCHOTT-RUHRGLAS GMBH) 23 May 1985 (1985-05-23) abstract	1,3
A	EP 1 026 128 A (ARTZNEIMITTEL GMBH) 9 August 2000 (2000-08-09) abstract	1,3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No
PCT/EP 01/08833

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 14 79 608 A (ROTA PATENT AG) 8 May 1969 (1969-05-08) figures 1-4	1,3
A	DE 33 41 313 A (SCHOTT-RUHRGLAS GMBH) 23 May 1985 (1985-05-23) abstract	1,3
A	EP 1 026 128 A (ARTZNEIMITTEL GMBH) 9 August 2000 (2000-08-09) abstract	1,3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 01/08833A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 C03B23/11 C03B21/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 C03B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 37 44 369 A (SCHOTT GLASWERKE) 13. Juli 1989 (1989-07-13) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1,3
A	DD 202 523 A (SCHOTT RUHRGLAS GMBH) 21. September 1983 (1983-09-21) Zusammenfassung	1,3
A	EP 0 111 710 A (SCHOTT-RUHRGLAS GMBH) 27. Juni 1984 (1984-06-27) Zusammenfassung	1,3
A	US 4 111 677 A (ANDREWS J D) 5. September 1978 (1978-09-05) Zusammenfassung	1,3
	-/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Januar 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

29/01/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Stroud, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int:
 PCT/EP 01/08833

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 14 79 608 A (ROTA PATENT AG) 8. Mai 1969 (1969-05-08) Abbildungen 1-4	1,3
A	DE 33 41 313 A (SCHOTT-RUHRGLAS GMBH) 23. Mai 1985 (1985-05-23) Zusammenfassung	1,3
A	EP 1 026 128 A (ARTZNEIMITTEL GMBH) 9. August 2000 (2000-08-09) Zusammenfassung	1,3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/08833

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3744369	A	13-07-1989	DE 3744369 A1	13-07-1989
			US 4936891 A	26-06-1990
DD 202523	A	21-09-1983	AU 8746382 A	24-02-1983
			BR 8204865 A	02-08-1983
			DD 202523 A5	21-09-1983
			ES 515141 A1	01-05-1983
			JP 58036936 A	04-03-1983
			PL 237954 A1	14-03-1983
			ZA 8206086 A	27-07-1983
EP 0111710	A	27-06-1984	AT 45936 T	15-09-1989
			BR 8306268 A	19-06-1984
			DE 3380489 D1	05-10-1989
			EP 0111710 A1	27-06-1984
			ES 527290 D0	16-07-1984
			ES 8406393 A1	01-11-1984
			JP 1421990 C	29-01-1988
			JP 60131837 A	13-07-1985
			JP 62030139 B	30-06-1987
			MX 162595 A	27-05-1991
			US 4516998 A	14-05-1985
US 4111677	A	05-09-1978	KEINE	
DE 1479608	A	08-05-1969	DE 1479608 A1	08-05-1969
			GB 1016357 A	12-01-1966
DE 3341313	A	23-05-1985	DE 3341313 A1	23-05-1985
EP 1026128	A	09-08-2000	DE 19904978 A1	10-08-2000
			EP 1026128 A2	09-08-2000
			JP 2000226221 A	15-08-2000
			US 6310318 B1	30-10-2001

THIS PAGE BLANK (USPTO)